

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
16 mai 2002 (16.05.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 02/39481 A2**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : **H01L**

(21) Numéro de la demande internationale :  
**PCT/FR01/03422**

(22) Date de dépôt international :  
6 novembre 2001 (06.11.2001)

(25) Langue de dépôt : **français**

(26) Langue de publication : **français**

(30) Données relatives à la priorité :  
00/14247 7 novembre 2000 (07.11.2000) **FR**

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : **COM-  
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR];  
31/33, rue de la Fédération, F-75752 PARIS 15ème (FR).**

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : **OU-  
VRIER-BUFFET, Jean-Louis [FR/FR]; La Planche,  
F-74320 SEVRIER (FR). BISOTTO, Sylvette [FR/FR];  
52 rue Thiers, F-38000 GRENOBLE (FR). CAPLET,  
Stéphane [FR/FR]; Le Fond du Clos, F-38360 SASSIE-  
NAGE (FR).**

(74) Mandataire : **LEHU, Jean; c/o BREVATOME, 3, rue du  
Docteur Lancereaux, F-75008 PARIS (FR).**

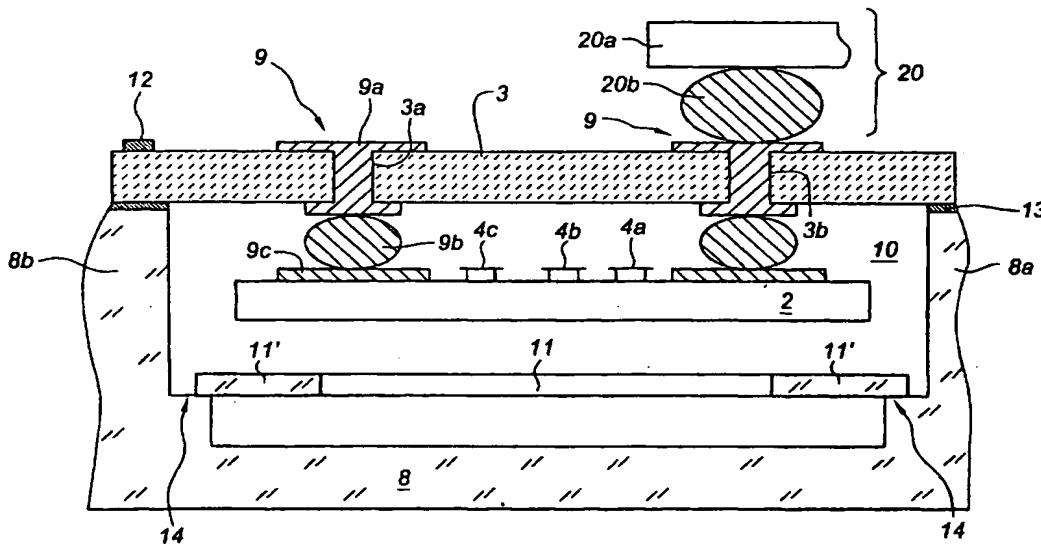
(81) État désigné (*national*) : **US.**

(84) États désignés (*régional*) : **brevet européen (AT, BE, CH,  
CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,  
SI, TR).**

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE FOR DETECTING THREE-DIMENSIONAL ELECTROMAGNETIC RADIATION AND METHOD FOR  
MAKING SAME

(54) Titre : DISPOSITIF DE DÉTECTION DE RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES TRIDIMENSIONNEL ET PRO-  
CÉDÉ DE RÉALISATION DE CE DISPOSITIF



**Publiée :**

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

---

**(57) Abrégé :** L'invention concerne un dispositif de détection de rayonnements électromagnétiques comprenant au moins un circuit de détection comprenant un détecteur thermique non-refroidi (4) et un circuit de lecture associé (2), caractérisé en ce qu'il comporte : - un substrat (8) formant une cavité sous-vide (10), dans laquelle sont placés le détecteur thermique et le circuit de lecture ; - une fenêtre (3) transparente aux rayonnements, placée au-dessus de la cavité et assurant la fermeture de celle-ci ; - des moyens de fermeture (12, 13) pour fixer hermétiquement la fenêtre sur le substrat ; et - des moyens de connexion électrique (9) insérés dans la fenêtre assurant une connexion étanche entre le circuit de détection et des éléments de traitement extérieurs à la cavité. Elle concerne également le procédé de réalisation de ce dispositif.

DISPOSITIF DE DETECTION  
DE RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES TRIDIMENSIONNEL  
ET PROCEDE DE REALISATION DE CE DISPOSITIF

5

DESCRIPTION

Domaine de l'invention

L'invention concerne un dispositif de  
10 détection de rayonnements électromagnétiques, comme des  
rayonnements infrarouges, dans lequel les détecteurs et  
le circuit de lecture sont insérés dans une cavité sous  
vide, fermée par une fenêtre transparente aux  
rayonnements électromagnétiques, permettant des  
15 connexions électriques étanches vers l'extérieur.

L'invention concerne aussi un procédé de  
réalisation de ce dispositif.

L'invention se rapporte au domaine des  
détecteurs thermiques et, en particulier, des  
20 détecteurs infrarouges thermiques non refroidis. Elle  
peut être utilisée, par exemple, dans des imageurs  
infrarouges monolithiques fonctionnant à température  
ambiante, et fabriqués à partir d'une matrice  
d'éléments sensibles connectée à un circuit de  
25 multiplexage en silicium de type CMOS ou CCD.

Etat de la technique

Les détecteurs thermiques non refroidis  
30 comportent généralement un élément sensible pouvant  
être chauffé par un rayonnement infrarouge dans la

bande 8 à 12 µm, cet élément sensible étant caractéristique de la température et de l'émissivité des corps observés. L'augmentation de température de l'élément sensible engendre une variation d'une propriété électrique du matériau sensible ; cette propriété peut être, par exemple, l'apparition de charges électriques par effet pyroélectrique, ou bien la variation de la capacité par changement de la constante diélectrique, ou encore la variation de la résistance lorsque le matériau est semi-conducteur ou métallique.

Pour que de tels détecteurs fonctionnent de façon optimale, trois conditions principales sont nécessaires. Le matériau sensible doit avoir une faible masse calorifique, une bonne isolation thermique de sa couche active vis-à-vis de son support et une forte sensibilité de l'effet de conversion de l'échauffement en signal électrique, les deux premières conditions nécessitant une réalisation du matériau sensible en couche mince.

Dans de nombreuses applications, telles que des applications à l'imagerie infrarouge, les détecteurs thermiques doivent être conditionnés sous vide ou sous un gaz non conducteur de la chaleur pour gagner en performance. Dans ce cas, les détecteurs thermiques sont encapsulés dans un boîtier comportant une fenêtre transparente dans la bande III, c'est-à-dire la bande de 8 à 12 µm. L'opération classique d'encapsulation en boîtier est délicate, en terme de rendement, et relativement coûteuse. Pour

diminuer le coût de cette intégration, des méthodes d'encapsulation collective sont proposées.

Une de ces méthodes d'encapsulation collective est décrite dans le brevet WO-95/17014. Il s'agit d'une méthode d'encapsulation collective sous vide (ou sous un gaz non conducteur de chaleur) par couplage d'une tranche de détecteurs avec une tranche de fenêtres transparentes au rayonnement infrarouge. La liaison entre les deux tranches est réalisée par un cordon de soudure qui, d'une part, assure l'étanchéité de l'ensemble et, d'autre part, permet le passage de la connexion électrique entre l'intérieur et l'extérieur du dispositif. Ce cordon de soudure détermine aussi, en fonction de son épaisseur, l'écartement entre les deux composants du boîtier. L'écartement peut également être réalisé par une entretoise générée à partir de couches déposées sur la tranche de dispositif ou la tranche de fenêtre, ou encore directement élaborée dans le matériau de la fenêtre. Pour des composants de grandes dimensions, un pilier peut être placé au centre, afin de limiter les déformations des composants de grandes dimensions.

La méthode décrite dans ce document propose de placer une couche métallique du côté de la tranche de détecteurs et du côté de la tranche de fenêtres pour assurer la mouillabilité et l'accrochage de la soudure.

D'autre part, le maintien du vide à l'intérieur du microboîtier, est assuré en employant des matériaux qui ne présentent pas un taux de dégazage excessif. Cependant, même avec un taux de dégazage relativement faible, il est quasi obligatoire

d'utiliser un matériau getter pour absorber les gaz émis par les différentes surfaces, car l'accroissement de la pression dégrade l'isolation thermique des microponts. Ce matériau getter peut être du baryum, du vanadium, du fer, du zirconium ou des alliages de ces matériaux. Cependant, avant d'être actifs, de tels matériaux doivent être activés à haute température, pendant une courte période, soit par effet Joule, soit par un faisceau laser, sans toutefois que le détecteur et la fenêtre soient chauffés outre mesure. Pour résoudre ce problème, le matériau getter est déposé sur des microponts réservés à cet usage, ceci dans le but de confiner l'échauffement uniquement au matériau getter.

Sur la figure 1A, on a représenté schématiquement ce procédé de réalisation collective de dispositifs de détection infrarouge.

Cette figure 1A montre une tranche de détection 2, une tranche de fenêtres transparentes aux rayons infrarouges 3, et des microbolomètres, c'est-à-dire des détecteurs infrarouges non refroidis, référencés 4a, 4b, 4c. Cette figure 1A montre également que la tranche de détection 2 et la tranche de fenêtre 3 sont séparées à intervalles réguliers par des entretoises 5a, 5b, 5c, 5d, etc., qui assurent la séparation des différents dispositifs de détection.

L'ensemble représenté sur la figure 1A est ensuite coupé entre deux entretoises, par exemple entre 5b et 5c, pour former différents dispositifs de détection infrarouge.

Par ailleurs, un dispositif de détection infrarouge à fenêtre en silicium est décrit dans la demande de brevet GB-A-2 310 952. Réaliser la fenêtre transparente aux rayons infrarouges, en silicium, présente des avantages, à savoir un coût peu élevé et une bonne compatibilité, en terme de coefficient de dilatation, avec le circuit de détection fabriqué également sur un substrat de silicium. En outre, le silicium permet d'obtenir un bon compromis entre les propriétés mécaniques et les propriétés optiques du dispositif.

Pour assurer l'assemblage de la fenêtre avec le circuit de détection, ce document propose d'effectuer soit un scellement eutectique, soit un scellement par verre fritté à bas point de fusion, soit une soudure par thermocompression. Dans le cas du scellement eutectique, il est proposé d'utiliser des alliages étain/plomb pour le scellement, et une tricouche W/Ni/Au pour les métallisations d'accrochage.

Sur la figure 1B, on a représenté schématiquement le dispositif de détection infrarouge décrit précédemment, après découpe à l'extérieur des entretoises 5c et 5d.

Ce dispositif de détection infrarouge comporte un circuit de détection comprenant les détecteurs 4a et 4b et des circuits de lecture, et une fenêtre transparente aux rayons infrarouges 3. La fenêtre 3 est maintenue au-dessus du circuit de détection 2 par l'intermédiaire de deux entretoises 5c et 5d. L'ensemble de ce dispositif est alors fixé sur

un support 6, auquel il est connecté par des fils d'interconnexion 7.

Un tel dispositif nécessite des cordons de scellement 5' sur le circuit de détection 2, qui 5 permettent le passage de la connexion électrique entre le circuit de détection 2 et les moyens de traitement extérieurs au dispositif, après isolation électrique de ces connexions. Or, l'introduction de tels cordons dans le procédé de réalisation est extrêmement délicate car 10 elle nécessite la présence d'or, qui présente le risque de contaminer le circuit CMOS du circuit de détection 2.

De plus, ce cordon de scellement accroît la taille du circuit de détection qui constitue l'élément 15 le plus onéreux du dispositif final. La topologie au niveau du joint de scellement 5' doit être considérablement réduite, c'est-à-dire qu'elle doit être planarisée, par polissage mécanochimique pour assurer un scellement hermétique.

En outre, comme expliqué précédemment, il 20 est nécessaire d'utiliser des getters dans ce dispositif, afin d'assurer le maintien du vide à l'intérieur du dispositif, entre le circuit de détection 2 et la fenêtre 3. Or, ces getters sont 25 placés à côté des détecteurs infrarouges, augmentant encore la surface du circuit de détection 2, au détriment du nombre de circuits de détection par tranche.

Exposé de l'invention

L'invention a justement pour but de remédier aux inconvénients du dispositif et du procédé de réalisation décrits précédemment. A cette fin, elle propose un dispositif de détection de rayonnements infrarouges réalisé en trois dimensions, de façon à transférer la partie relative au scellement sur des éléments nettement moins coûteux que les circuits de détection et de façon à loger le getter en dessous du circuit de détection.

De façon plus précise, l'invention concerne un dispositif de détection de rayonnements électromagnétiques comprenant au moins un détecteur thermique non-refroidi et un circuit de lecture, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un substrat formant une cavité sous-vide, dans laquelle sont placés le détecteur thermique et le circuit de lecture ;
- 20 - une fenêtre transparente aux rayonnements, placée au-dessus de la cavité et assurant la fermeture de celle-ci ;
- des moyens de fermeture pour fermer hermétiquement la fenêtre sur le substrat ; et
- 25 - des moyens de connexion électrique insérés dans la fenêtre assurant une connexion étanche entre le circuit de détection et des éléments de traitement extérieurs à la cavité.

Avantageusement, le dispositif comporte un getter placé dans la cavité, en dessous du circuit de lecture.

Selon un mode de réalisation de l'invention, les moyens de connexion sont des orifices métallisés.

5 Selon un autre mode de réalisation de l'invention, les moyens de connexion sont des plots métalliques sensiblement en forme de H et traversant de part en part la fenêtre.

10 Dans une variante de l'invention, les moyens de fermeture consistent en un scellement anodique.

Dans une autre variante, les moyens de fermeture consistent en un scellement eutectique.

15 L'invention concerne également un procédé de réalisation de ce dispositif. Plus précisément, il s'agit d'un procédé d'encapsulation de détecteurs thermiques non refroidis, associés à au moins un circuit de lecture et destinés à déetecter des rayonnements électromagnétiques. Ce procédé se caractérise par le fait qu'il consiste à :

20 a) réaliser une cavité dans un substrat ;  
b) réaliser des orifices dans une fenêtre transparente aux rayonnements à déetecter et insérer, de

façon étanche, des moyens de connexion électrique dans les orifices de la fenêtre ;

25 c) connecter le circuit de détection à la fenêtre transparente par l'intermédiaire des moyens de connexion ; et

d) placer le circuit de détection dans la cavité et sceller hermétiquement la fenêtre transparente sur le substrat.

Avantageusement, le procédé de l'invention comporte une étape c', qui consiste à placer un getter dans la cavité, avant de placer le circuit de détection.

5 Avantageusement, on dépose une couche anti-reflet de part et d'autre de la fenêtre transparente.

10 Selon un mode de réalisation de l'invention, les détecteurs sont montés sur n circuits de lecture, avec  $n \geq 2$ . Dans ce cas, le procédé de l'invention consiste à :

- réaliser n fois l'étape a) dans une tranche de substrats ;

15 - réaliser n fois l'étape b) dans une tranche de fenêtres transparentes ;

- réaliser n fois l'étape c) dans ladite tranche de fenêtres ;

- réaliser l'étape d) pour chaque cavité ;

et

20 - découper l'ensemble formé de la tranche de fenêtre et de la tranche de substrat pour obtenir n dispositifs de détection conformes à celui de la revendication 1.

25

#### Brève description des figures

30 - La figure 1A, déjà décrite, représente schématiquement l'étape générale du procédé de fabrication collective du dispositif de l'art antérieur ;

- la figure 1B représente le dispositif de l'art antérieur obtenu par le procédé de la figure 1A ;

- la figure 2 représente le dispositif de détection de rayonnements infrarouges de l'invention ;

5 et

- la figure 3 représente schématiquement les différentes étapes de réalisation du dispositif de la figure 2.

10

Description détaillée de modes de  
réalisation de l'invention

Sur la figure 2, on a représenté schématiquement le dispositif de détection de 15 rayonnements infrarouges selon l'invention. Les références portées sur la figure 2, qui sont similaires à celles portées sur les figures 1A et 1B, représentent des éléments identiques.

Le dispositif de l'invention se présente 20 sous la forme d'un empilement d'éléments dans trois dimensions. L'un de ces éléments est un circuit de détection 2, qui comporte un circuit de lecture et trois détecteurs infrarouges non refroidis 4a, 4b et 4c, qui sont appelés aussi « microponts » et qui sont connectés au circuit de lecture. Le nombre de 25 détecteurs peut être élevé (par exemple 256 x 256).

Lorsque le dispositif de détection est appliqué à l'imagerie infrarouge, chaque micropont représente un pixel de l'image détectée.

Le circuit de détection 2 est placé à l'intérieur d'un substrat 8 creusé de façon à former une cavité 10.

Un autre élément de l'empilement 3D est une 5 fenêtre transparente aux rayonnements infrarouges, référencée 3, et placée au-dessus de la cavité 10, de façon à assurer la fermeture de la cavité 10. Cette fenêtre transparente 3 repose sur les parois 8a et 8b de la cavité 10. Elle est fixée sur ces parois, par un 10 scellement, par exemple de type anodique, comme représenté par la référence 12 sur la figure 2. Cette fenêtre 3 peut également être fixée sur les parois de la cavité 10 par un scellement de type eutectique, comme représenté par la référence 13. On comprendra, 15 bien sûr, que lors de la réalisation d'un tel dispositif, on réalise le scellement de la fenêtre sur le substrat 8 (c'est-à-dire sur les parois 8a et 8b de la cavité 10) par un même type de scellement, à savoir un scellement anodique ou un scellement eutectique.

20 La fenêtre transparente 3 est percée de plusieurs orifices laissant traverser les moyens de connexion entre l'extérieur du dispositif et l'intérieur de la cavité.

Dans le mode de réalisation de la figure 2, 25 la fenêtre transparente aux rayons infrarouges comprend deux orifices, référencés 3a et 3b, permettant le passage des moyens de connexion 9 à travers la fenêtre 3. Les orifices peuvent être métallisés par un procédé de sérigraphie ou bien par décomposition thermique 30 (procédé LPCVD). De préférence, l'épaisseur de ces couches métallisées est comprise entre 0,5 µm et 5 µm.

Les moyens de connexion 9 assurent le maintien du circuit de détection 2 à l'intérieur de la cavité 10.

Ils assurent, par conséquent, le positionnement des détecteurs infrarouges 4a, 4b et 4c par rapport à la fenêtre. Ces moyens de connexion 9 permettent, d'autre part, le passage étanche d'une connexion électrique étanche entre le circuit de détection 2 contenu dans la cavité 10 et des moyens de traitement 20 extérieurs au dispositif. Ces moyens de traitement électronique extérieurs 20 peuvent être, par exemple, une carte électronique 20a connectée, par l'intermédiaire de plots de soudure 20b, à un ou plusieurs moyens de connexion 9 du dispositif de détection.

Les moyens de connexion électrique 9 peuvent être de différents types. Toutefois, il est nécessaire que ces moyens de connexion soient suffisamment rigides pour permettre la fixation mécanique du circuit de détection 2, afin d'assurer une position stable à ce circuit à l'intérieur de la cavité et qu'ils soient étanches de façon à assurer le vide à l'intérieur de la cavité 10. Il est à noter que l'on parlera, dans toute la description et les revendications, de « cavité sous vide », étant entendu qu'il peut s'agir aussi d'un gaz peu conducteur de chaleur.

Ces moyens de connexion 9 peuvent, par exemple, consister en des plots métalliques 9a ayant sensiblement une forme de H renversé et traversant de part en part la fenêtre (ils seront appelés, par la

suite, plots métalliques en H). Mais toute technique utilisant des trous métallisés totalement ou partiellement comblés peut aussi convenir.

Ces moyens de connexion comportent 5 également des plots métalliques de connexion 9c, fixés sur le circuit de détection 2 (appelés plots métalliques plats). Des plots d'hybridation, référencés 9b, assurent le lien mécanique et la connexion électrique entre les plots métalliques en H 9a et les 10 plots métalliques plats 9c. Ces plots 9a, 9b et 9c sont réalisés en des matériaux métalliques, tels que du Ti, TiN, Pt, Al, Au, W, Ni, Ln, Sn, MnPb, SnPb, etc.. Ils sont déposés sur le dispositif par pulvérisation cathodique, CVD, ou bien par procédé d'évaporation.

Le dispositif de l'invention présente 15 l'avantage de comporter une cavité suffisamment profonde pour permettre d'installer un getter à l'intérieur du dispositif, sous le circuit de détection 2. Sur la figure 2, on a représenté un getter 11, placé 20 sur un support de getter 11', éventuellement thermiquement isolant, en appui sur des décrochements 14 réalisés dans les parois 8a et 8b de la cavité. Le getter ainsi placé en dessous du circuit de lecture 2, permet un gain de place considérable par rapport aux 25 dispositifs classiques dans lesquels le getter est placé à côté du circuit de lecture. Le getter peut ainsi être de grande dimension et donc être utilisé comme micropompe, c'est-à-dire qu'il peut remplacer partiellement un dispositif de pompage secondaire, en 30 général extérieur à l'ensemble à pomper.

En outre, cet emplacement du getter, en regard de la face arrière du circuit de lecture 2, évite les risques d'altération des détecteurs 4a, 4b, 4c lors du scellement, puisque le getter n'est pas en contact direct avec le circuit de détection.

Dans le dispositif de l'invention, le scellement de la fenêtre 3 sur le substrat 8 peut être un scellement anodique ; celui-ci implique l'utilisation de verre, de type PYREX® (borosilicate), fortement dopé avec du sodium ou du potassium. L'ensemble à encapsuler est alors placé sous vide à une température, comprise typiquement entre 100 et 500°C, et en présence d'un champ électrique élevé, de l'ordre de  $7 \times 10^6$  V/m dans le verre. La durée de l'opération peut atteindre 30 minutes environ. Or, sous l'effet conjugué du champ électrique et de la température, les ions migrent vers l'anode et la cathode où ils sont piégés. Les ions, ainsi accumulés, créent un champ électrique interne important qui assure l'adhésion des deux matériaux en présence. Toutefois, il est connu que les circuits CMOS (comme c'est le cas pour le circuit de lecture) sont sensibles à la diffusion de tels ions métalliques et au fort champ électrique. Mais, dans l'invention, le circuit de détection 2 est « suspendu » dans la cavité par l'intermédiaire des moyens de connexion 2 ; le scellement anodique se fait donc entre la fenêtre 3 et les parois 8a et 8b de la cavité 10, sans risque de toucher le circuit de détection 2. Ainsi, le champ électrique nécessaire au scellement est confiné à l'extérieur du circuit de détection ; il ne risque donc pas de le dégrader.

Dans le dispositif de l'invention, il est également possible de sceller la fenêtre 3 sur le substrat 8 par un scellement eutectique. Ce type de scellement consiste à introduire une couche métallique, 5 par exemple de l'or, entre deux surfaces de silicium, c'est-à-dire une couche d'or 13 entre la fenêtre et les parois de la cavité, puis à chauffer l'ensemble. La température de fusion du mélange qui se forme par diffusion est plus faible que celle du métal ou du 10 silicium. Ainsi, l'or réagit avec le silicium à 363°C pour former l'eutectique AuSi.

Dans le dispositif de l'invention, le circuit de détection n'est jamais directement en contact avec le métal, par exemple l'or, utilisé pour 15 le scellement. Il n'y a donc aucun risque de contamination du circuit de détection par l'or.

En outre, dans ce dispositif, il n'y a aucun relief provenant de métallisation, c'est-à-dire de contacts métalliques traversant le cordon de 20 scellement pour aller vers l'extérieur. Le scellement eutectique peut donc être réalisé sans problème entre la fenêtre et les parois de la cavité.

Le scellement de la fenêtre sur les parois de la cavité peut aussi se faire à partir de verres à 25 bas point de fusion ou bien de colles ou encore par apport de brasure.

Pour réaliser le dispositif de l'invention, il est nécessaire d'activer le getter, ce qui consiste à le chauffer. Le chauffage peut être réalisé par le 30 passage d'un courant électrique ou bien par le chauffage de l'ensemble substrat/fenêtre, ou

avantageusement par laser. Cette activation laser est réalisée à travers le substrat qui doit être transparent autour de la longueur d'onde de fonctionnement du laser. L'utilisation d'un laser  
5 balayé permet d'activer la surface maximum du getter 11, tout en évitant de trop chauffer les détecteurs thermiques. A cet égard, la face arrière du circuit de détection peut être munie d'une couche réfléchissant la lumière infrarouge émise par le getter lors de son activation. Le support 11' du getter est alors réalisé  
10 dans un matériau thermiquement isolant. Ce procédé d'activation au laser permet d'atteindre une température supérieure à 500°C et, ainsi, d'obtenir une période d'activation de quelques minutes seulement.

15 L'activation peut également se faire par radiofréquence. Dans ce cas, le matériau constituant le getter 11 ou son support 11' peut être métallique. On effectue alors un chauffage par induction à partir de la face arrière du substrat formant la cavité. Ainsi,  
20 une onde électromagnétique provoque la circulation de courants induits, qui engendrent, à leur tour, des pertes par effet Joule dues au courant de FOUCAULT. Afin de ne pas dégrader le circuit de détection pendant la phase d'activation, l'épaisseur du getter et/ou de  
25 son support doit être adaptée de manière à réaliser un blindage efficace. Comme pour l'activation par laser, la face arrière du circuit de détection peut comporter une couche réfléchissante, de préférence non conductrice de l'électricité.

Le dispositif de l'invention, tel que décrit précédemment, peut être réalisé au moyen d'un procédé, dit « d'encapsulation des détecteurs thermiques non refroidis ». Comme représenté sur la 5 figure 3, ce procédé consiste, tout d'abord, à réaliser une cavité 10 dans un substrat 8 (étape E1), ce substrat étant, par exemple, en silicium ou en verre. Il consiste ensuite (étape E2) à réaliser des orifices 10 3a, 3b dans une fenêtre transparente aux rayons infrarouges ; cette fenêtre peut être, par exemple, en silicium ou bien en germanium ou encore en ZnS. Son épaisseur dépend de sa nature et du format des détecteurs. Elle est comprise, de préférence, entre 100 µm et 2 mm.

15 Des moyens de connexion 9 sont ensuite insérés dans les orifices de la fenêtre (étape E3), de façon à permettre une connexion étanche.

Ensuite, le circuit de détection 2 est connecté sur la fenêtre transparente 3 par 20 l'intermédiaire des moyens de connexion 9 (étape E4). Le circuit de détection 2 ainsi fixé sur la fenêtre 3 est alors inséré dans la cavité 10 (étape E5). La fenêtre transparente 3 est scellée hermétiquement sur les parois 8a et 8b du substrat.

25 Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, le procédé consiste à placer un getter 11 dans la cavité, par exemple en appui sur des décrochements 14 réalisés dans la cavité, et ce avant de placer le circuit de lecture. Le getter peut aussi 30 être réalisé directement dans le substrat au moment où ce dernier est élaboré pour former la cavité.

Une étape supplémentaire permet de réaliser un anti-reflet sur la fenêtre, par dépôt d'une couche anti-reflet de part et d'autre de la fenêtre transparente.

5 Le détecteur de l'invention peut également être réalisé, de manière collective. Plusieurs dispositifs sont alors réalisés simultanément. Dans ce cas, il est nécessaire d'avoir réalisé au préalable :

10 - une tranche de détection (circuits de détection) sur laquelle est connectée une pluralité de détecteurs infrarouges non refroidis et leur circuit de lecture ;

15 - une tranche de fenêtres infrarouges réalisées en Si, Ge ou ZnS, avec des connexions vers l'extérieur ; et

- une tranche de substrat avec des cavités et des getter.

La tranche de fenêtres et la tranche de substrats ont été préalablement élaborées, de façon séparée, en utilisant des techniques de microélectronique classiques. Autrement dit, les cavités dans la tranche de substrats et les orifices dans la tranche de fenêtres sont réalisés par des procédés de gravure chimique ou de gravure par plasma.

25 Ainsi, lorsque la tranche de fenêtre et la tranche de substrats ont été élaborées, on hybride la tranche de détection sur la tranche de fenêtre, qui a pu être préalablement traitée anti-reflet. Ensuite, les composants de la tranche de détection sont séparés par des moyens classiques de découpe des circuits intégrés sur tranche. Le procédé de réalisation collectif

consiste alors à placer les getters à l'intérieur des cavités et à sceller hermétiquement la tranche de fenêtres sur laquelle est fixée la tranche de détection avec la tranche de substrats. Ce scellement peut se faire selon l'une des techniques décrites précédemment.

On effectue ensuite la découpe de l'ensemble en une seule passe. L'activation du getter peut être effectuée avant ou après découpe, de sorte qu'à l'issue de la phase d'activation, la pression résiduelle dans la cavité soit inférieure à 10 mTorr (=  $10^{-2}$  mbar).

Selon une variante, il est possible, pour augmenter le nombre de circuits de détection par tranche de substrat, de découper la tranche de circuits de détection et connecter collectivement les circuits de détection ainsi obtenus à la tranche de fenêtre et ensuite seulement de reporter, puis de sceller l'ensemble sur la tranche de substrat.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de détection de rayonnements électromagnétiques comprenant au moins un circuit de détection 5 comprenant un détecteur thermique non-refroidi (4) et un circuit de lecture associé (2), caractérisé en ce qu'il comporte :

- un substrat (8) formant une cavité sous vide (10), dans laquelle sont placés le détecteur 10 thermique et le circuit de lecture ;

- une fenêtre (3) transparente aux rayonnements, placée au-dessus de la cavité et assurant la fermeture de celle-ci ;

- des moyens de fermeture (12, 13) pour 15 fermer hermétiquement la fenêtre sur le substrat ; et

- des moyens de connexion électrique (9) insérés dans la fenêtre assurant une connexion étanche entre le circuit de détection et des éléments de traitement extérieurs à la cavité.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un getter (11) placé dans la cavité, en dessous du circuit de lecture.

3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les moyens 25 de connexion sont des orifices métallisés (3a).

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les moyens de connexion sont des plots métalliques (9a) sensiblement en forme de H, traversant de part en part 30 la fenêtre.

5. Dispositif selon les revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les moyens de fermeture consistent en un scellement anodique (12).

5 6. Dispositif selon les revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les moyens de fermeture consistent en un scellement eutectique (13).

7. Procédé d'encapsulation de détecteurs thermiques non-refroidis associés à au moins un circuit de lecture et destinés à détecter des rayonnements électromagnétiques, caractérisé en ce qu'il consiste à :

a) réaliser (E1) une cavité dans un substrat ;

15 b) réaliser (E2) des orifices dans une fenêtre transparente aux rayonnements à détecter et insérer (E3), de façon étanche, des moyens de connexion électrique dans les orifices de la fenêtre ;

c) connecter (E4) le circuit de détection à la fenêtre transparente par l'intermédiaire des moyens 20 de connexion ;

d) placer (E5) le circuit de détection dans la cavité et sceller hermétiquement la fenêtre transparente sur le substrat.

8. Procédé selon la revendication 7, 25 caractérisé en ce qu'il comporte une étape c) qui consiste à placer un getter dans la cavité, avant de placer le circuit de détection.

9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce qu'il consiste à déposer une couche 30 anti-reflet de part et d'autre de la fenêtre transparente.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel les détecteurs sont associés à n circuits de lecture, avec  $n \geq 2$ , caractérisé en ce qu'il consiste à :

5            - réaliser n fois l'étape a) dans une tranche de substrat ;  
              - réaliser n fois l'étape b) dans une tranche de fenêtre transparente ;  
              - réaliser n fois l'étape c) dans ladite  
10          tranche de fenêtre ;  
              - réaliser l'étape d) pour chaque cavité ;  
et  
              - découper l'ensemble constitué de la tranche de fenêtre et de la tranche de substrat pour  
15          obtenir n dispositifs de détection conformes à celui de la revendication 1.

1 / 3

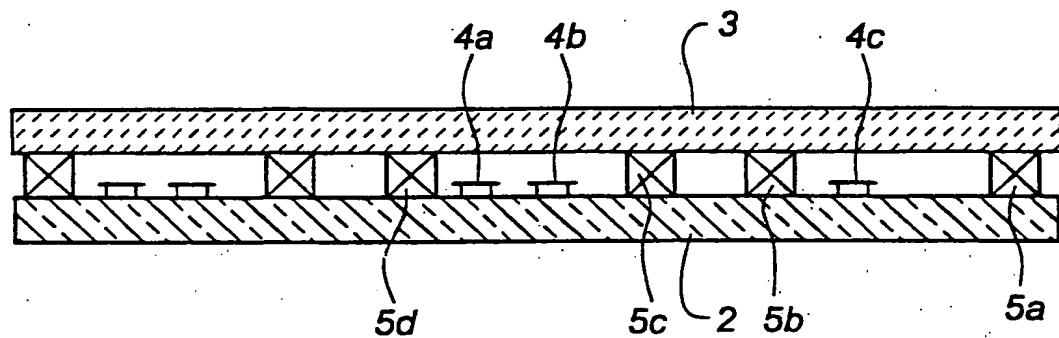


Fig. 1A

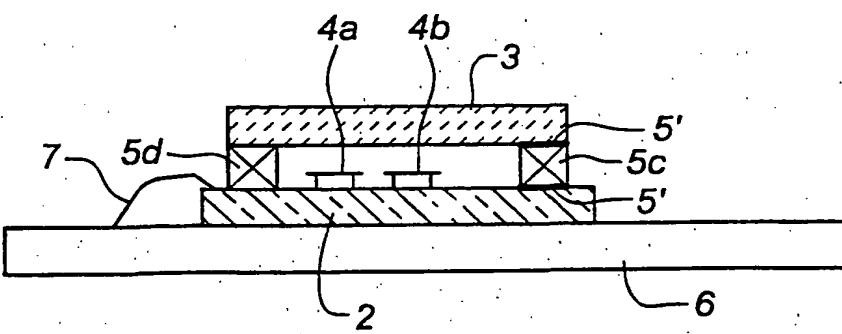


Fig. 1B

2 / 3

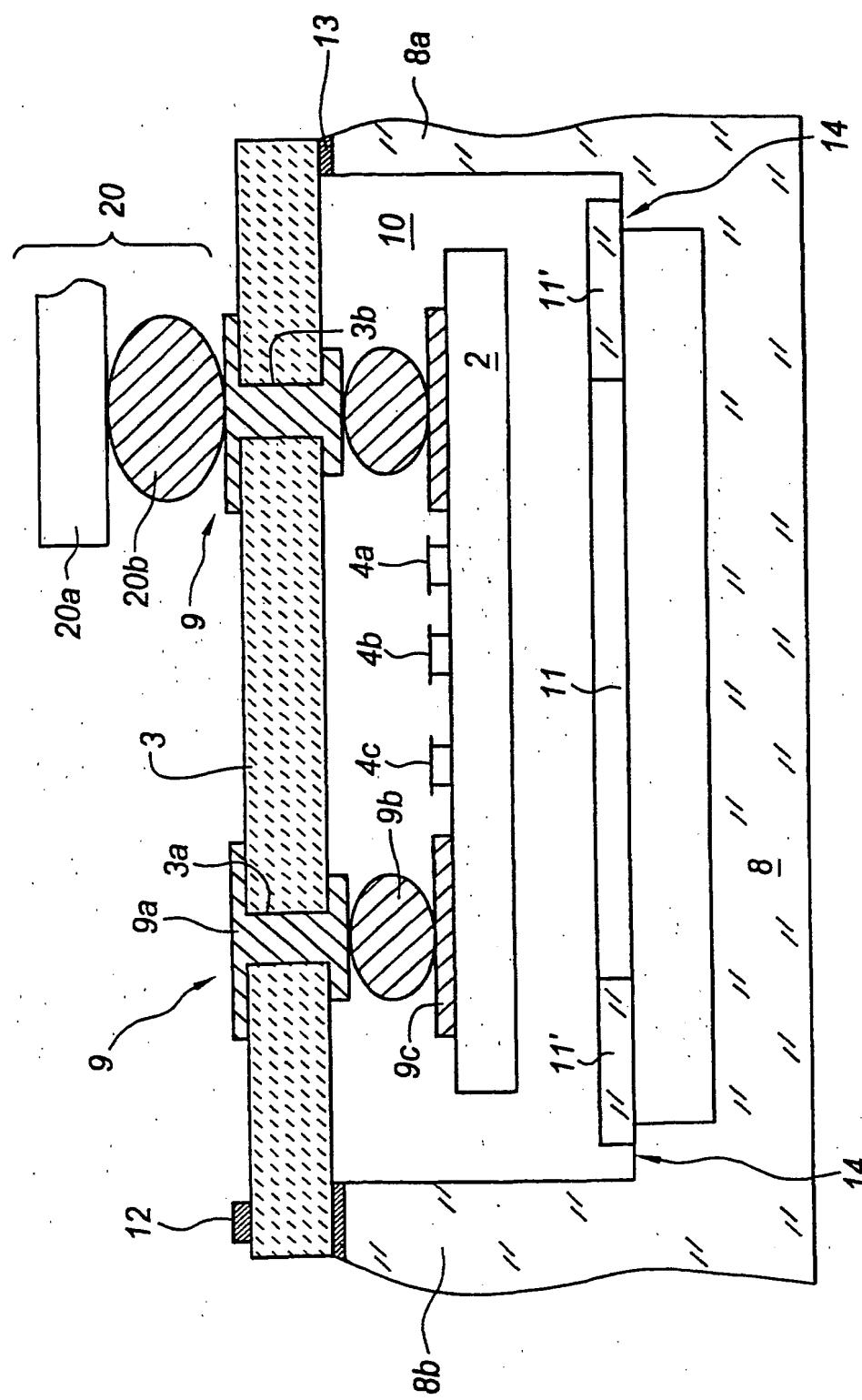


Fig. 2

3 / 3

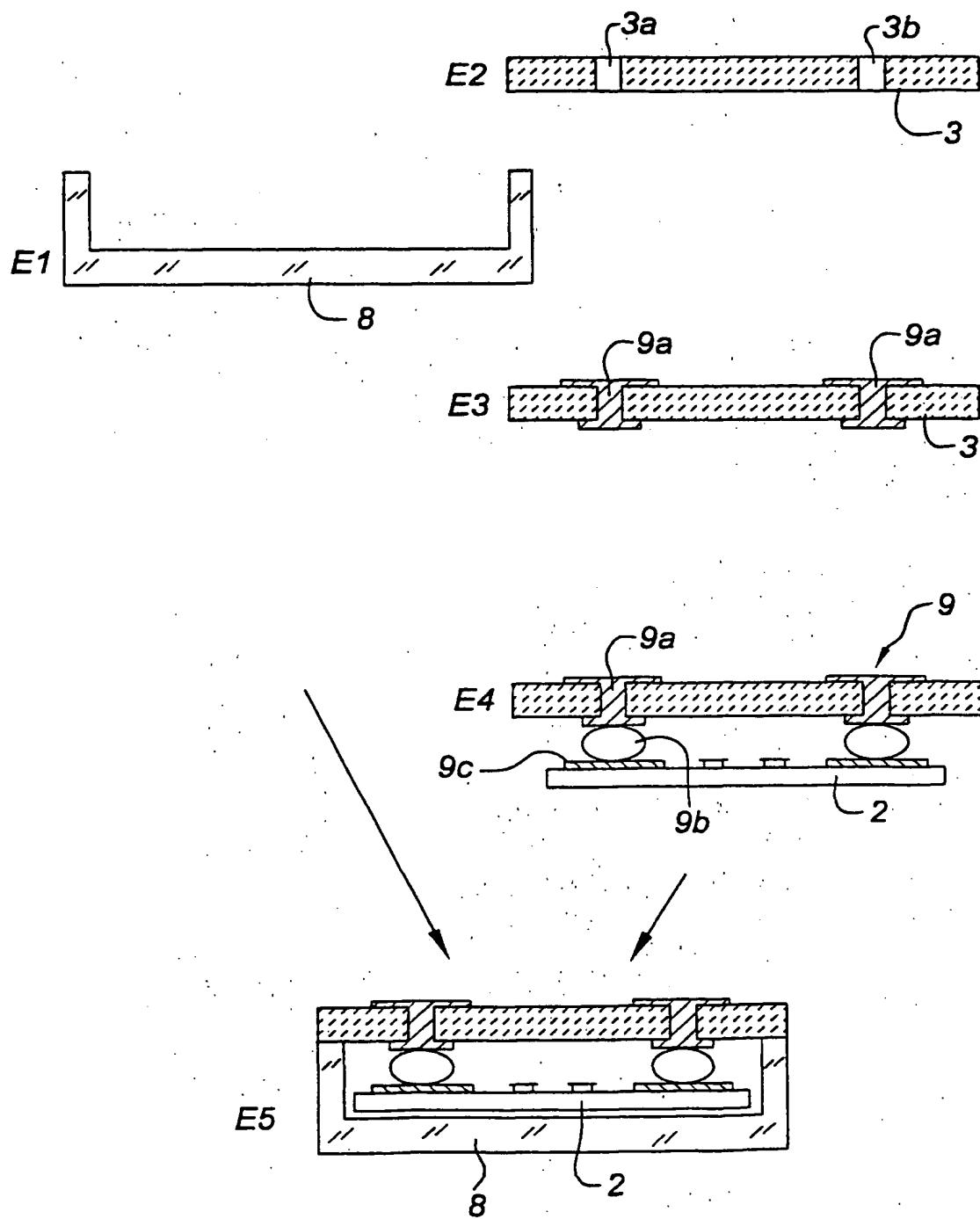


Fig. 3

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
16 mai 2002 (16.05.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 02/039481 A3**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :

**H01L 31/0203**

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : OU-  
VRIER-BUFFET, Jean-Louis [FR/FR]; La Planche,  
F-74320 SEVRIER (FR). BISOTTO, Sylvette [FR/FR];  
52 rue Thiers, F-38000 GRENOBLE (FR). CAPLET,  
Stéphane [FR/FR]; Le Fond du Clos, F-38360 SASSE-  
NAGE (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR01/03422

(22) Date de dépôt international :

6 novembre 2001 (06.11.2001)

(25) Langue de dépôt :

français

(74) Mandataire : LEHU, Jean; c/o BREVATOME, 3, rue du  
Docteur Lancereaux, F-75008 PARIS (FR).

(26) Langue de publication :

français

(81) État désigné (national) : US.

(30) Données relatives à la priorité :  
00/14247 7 novembre 2000 (07.11.2000) FR

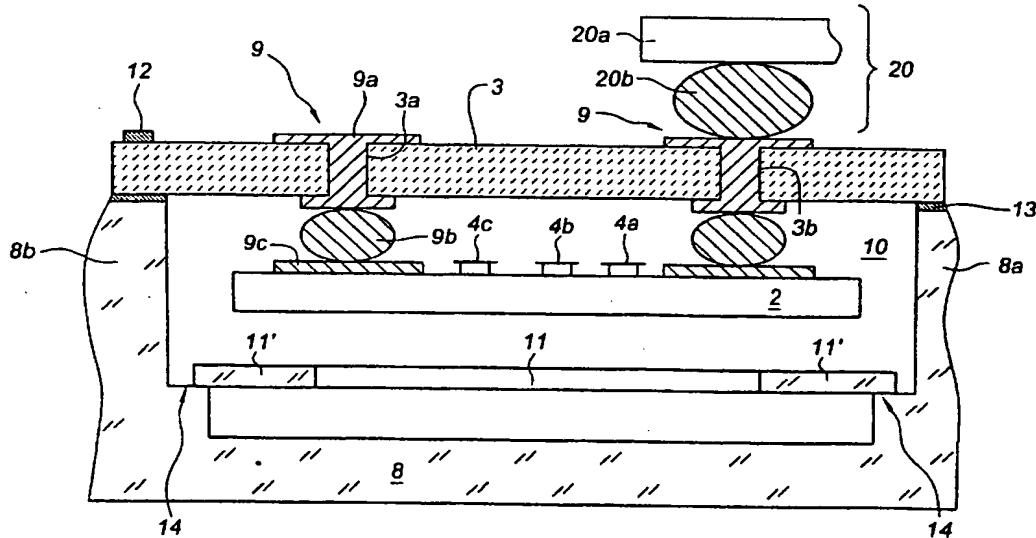
(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, CH,  
CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,  
SE, TR).

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : COM-  
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR];  
31/33, rue de la Fédération, F-75752 PARIS 15ème (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE FOR DETECTING THREE-DIMENSIONAL ELECTROMAGNETIC RADIATION AND METHOD FOR  
MAKING SAME

(54) Titre : DISPOSITIF DE DETECTION DE RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES TRIDIMENSIONNEL ET PRO-  
CEDE DE REALISATION DE CE DISPOSITIF



**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**(88) Date de publication du rapport de recherche internationale:**

1 août 2002

---

**(57) Abrégé :** L'invention concerne un dispositif de détection de rayonnements électromagnétiques comprenant au moins un circuit de détection comprenant un détecteur thermique non-refroidi (4) et un circuit de lecture associé (2), caractérisé en ce qu'il comporte : - un substrat (8) formant une cavité sous-vide (10), dans laquelle sont placés le détecteur thermique et le circuit de lecture ; - une fenêtre (3) transparente aux rayonnements, placée au-dessus de la cavité et assurant la fermeture de celle-ci ; - des moyens de fermeture (12, 13) pour fixer hermétiquement la fenêtre sur le substrat ; et - des moyens de connexion électrique (9) insérés dans la fenêtre assurant une connexion étanche entre le circuit de détection et des éléments de traitement extérieurs à la cavité. Elle concerne également le procédé de réalisation de ce dispositif.

## INT'L NATIONAL SEARCH REPORT

Internal Application No  
PCT/FR 01/03422

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H01L31/0203

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L G01J B81B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 95 17014 A (HONEYWELL INC) 22 June 1995 (1995-06-22) cited in the application claim 10 figure 3 page 3, line 12 - line 25 ---	1-4,6-8
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 13, 5 February 2001 (2001-02-05) -& JP 2000 298063 A (TDK CORP), 24 October 2000 (2000-10-24) abstract; figures 6-8 ---	1-4,6-8 -/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 May 2002

Date of mailing of the international search report

05/06/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Visscher, E

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat.	Application No
PCT/FR 01/03422	

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 10, 31 August 1999 (1999-08-31) -& JP 11 145489 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 28 May 1999 (1999-05-28) abstract ----- WO 99 67818 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE ;PORNIN JEAN LOUIS (FR); MASSIT CLAU) 29 December 1999 (1999-12-29) figure 8 page 13, line 21 -page 14, line 9 -----	1,3,4,6, 7
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 02, 30 January 1998 (1998-01-30) -& JP 09 264784 A (TERUMO CORP;KIMURA MITSUTERU), 7 October 1997 (1997-10-07) abstract -----	1,5

## INT'L NATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 01/03422

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 9517014	A	22-06-1995	CA DE DE EP JP WO US	2179052 A1 69409257 D1 69409257 T2 0734589 A1 9506712 T 9517014 A1 5895233 A		22-06-1995 30-04-1998 10-09-1998 02-10-1996 30-06-1997 22-06-1995 20-04-1999
JP 2000298063	A	24-10-2000		NONE		
JP 11145489 3	A			NONE		
WO 9967818	A	29-12-1999	FR EP WO	2780200 A1 1090419 A1 9967818 A1		24-12-1999 11-04-2001 29-12-1999
JP 09264784 3	A			NONE		

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demar. Internationale No

PCT/FR 01/03422

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 H01L31/0203

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01L G01J B81B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	WO 95 17014 A (HONEYWELL INC) 22 juin 1995 (1995-06-22) cité dans la demande revendication 10 figure 3 page 3, ligne 12 - ligne 25 ---	1-4,6-8
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 13, 5 février 2001 (2001-02-05) -& JP 2000 298063 A (TDK CORP), 24 octobre 2000 (2000-10-24) abrégé; figures 6-8 ---	1-4,6-8 -/-

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (elle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

28 mai 2002

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

05/06/2002

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Visscher, E

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demandeur	Internationale No
PCT/FR 01/03422	

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 10, 31 août 1999 (1999-08-31) -& JP 11 145489 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 28 mai 1999 (1999-05-28) abrégé ----	1,3,4,6, 7
Y	WO 99 67818 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE ;PORNIN JEAN LOUIS (FR); MASSIT CLAU) 29 décembre 1999 (1999-12-29) figure 8 page 13, ligne 21 -page 14, ligne 9 ----	1,3,4,6, 7
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 02, 30 janvier 1998 (1998-01-30) -& JP 09 264784 A (TERUMO CORP;KIMURA MITSUTERU), 7 octobre 1997 (1997-10-07) abrégé ----	1,5

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 01/03422

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9517014	A 22-06-1995	CA 2179052 A1 DE 69409257 D1 DE 69409257 T2 EP 0734589 A1 JP 9506712 T WO 9517014 A1 US 5895233 A	22-06-1995 30-04-1998 10-09-1998 02-10-1996 30-06-1997 22-06-1995 20-04-1999
JP 2000298063	A 24-10-2000	AUCUN	
JP 11145489 3	A	AUCUN	
WO 9967818	A 29-12-1999	FR 2780200 A1 EP 1090419 A1 WO 9967818 A1	24-12-1999 11-04-2001 29-12-1999
JP 09264784 3	A	AUCUN	

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**